

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/001032

International filing date: 02 February 2005 (02.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 005 621.8
Filing date: 04 February 2004 (04.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 14 April 2005 (14.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLANDEP/05/1032
EPO - DG 1

04.04.2005

(44)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 005 621.8

Anmeldetag: 04. Februar 2004

Anmelder/Inhaber: Behr GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zum Austausch von Wärme, und
Verfahren zur Herstellung einer derartigen
Vorrichtung

IPC: F 28 D, F 28 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. März 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag


Wallner

5

BEHR GmbH & Co. KG
Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

10

**Vorrichtung zum Austausch von Wärme und Verfahren zur Herstellung
einer derartigen Vorrichtung**

15

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Wärmetauscher für einen Hochdruckkühlkreislauf, insbesondere auf einen Hochdruckkühler, im speziellen einen Hochdruckgaskühler, und/oder Hochdruckzuheizer.

20

Unter einem Hochdruckkühlkreislauf ist im Folgenden ein Kühlkreislauf zu verstehen, bei welchem ein den Kühlkreislauf durchströmendes Fluid zumindest abschnittsweise unter einem Betriebsdruck von ungefähr 110 bar bis 130 bar, insbesondere von ungefähr 125 bar, steht und/oder welcher Kühlkreislauf nach geltenden Sicherheitsbestimmungen für Berstdrücke in einem Bereich von 270 bar bis 360 bar ausgelegt sein muss.

25

Derartige Wärmetauscher in Hochdruckkühlkreisläufen, im Folgenden kurz als Hochdruckwärmetauscher bezeichnet, sind aus dem Stand der Technik bekannt.

30

Fig.10 zeigt einen Ausschnitt eines solchen, in diesem Fall zweireihigen, Hochdruckwärmetauschers bzw. zweireihigen Hochdruckgaskühlers aus dem Stand der Technik.

35

Bei dem zweireihigen Hochdruckwärmetauscher bzw. Hochdruckgaskühler im Stand der Technik sind Rohre 1000 in zwei parallelen Ebenen angeordnet. Die jeweils in einer Ebene angeordneten Rohre sind ihrerseits ebenfalls parallel zueinander ausgerichtet.

Die Rohre 1000 weisen im Stand der Technik eine flachrohrartige Form auf, die im Querschnitt 1001 eine lange Seite 1002 und eine gegenüber dieser langen Seite 1002 wesentlich kürzere Seite 1003 aufweist.

5

Das (Flach-)Rohr 1000 wird in einer Längsrichtung 1004 von einem Kühlmittel durchflossen, wozu in dem Flachrohr 1000 in der Regel mehrere Durchflusskanäle 1005 im wesentlichen parallel zu der Längsrichtung 1004 bzw. zu einer Längsachse des Flachrohrs 1000 vorgesehen sind.

10

Das Kühlmittel steht zumindest in diesem Abschnitt unter einem Betriebsdruck von ungefähr 125 bar. Nach geltenden Sicherheitsbestimmungen ist der Hochdruckwärmetauscher bzw. Hochdruckgaskühler allerdings für Berstdrücke im Bereich von 270 bar bis 360 bar ausgelegt.

15

In Endabschnitten 1009 an beiden Enden 1008 des Flachrohrs 1000 weist das Flachrohr 1000 gemäß dem Stand der Technik jeweils eine kontinuierliche Verdrehung bzw. Verdrillung (Torsion) um seine Längsachse bis zu 90° auf.

20

Beide solchermaßen um 90° verdrehten Enden 1007 des Flachrohrs 1000 im Stand der Technik sind mit hohlkörperartigen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtungen 1008 flüssigkeits- und/oder gasdicht verbunden.

25

Unter einem miteinander Verbinden wird ein Verbinden in der Weise verstanden, dass durch diese Verbindung ein flüssiges und/oder gasförmiges Fluid, wie beispielsweise das Kühlmittel, flüssigkeits- und/oder gasdicht strömen kann.

30

An einer Verbindungsstelle zwischen einem Ende des Flachrohrs 1000 und der hohlkörperartigen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung 1008 verläuft die lange Seite 1002 des Querschnitts 1001 des Flachrohrs 1000 im wesentlichen parallel zu einer Längsachse (Hauptausdehnungsrichtung) der hohlkörperartigen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung 1008.

35

- Aufgrund der Verdrehung der Flachrohrenden 1007 kann eine innere Abmessung der hohlkörperartigen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung 1008, d.h. ein Innenquerschnitt der hohlkörperartigen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung 1008, und damit eine Materialdicke reduziert werden.
- 5 Dadurch können die gemäß den Sicherheitsbestimmungen geforderten Berstdrücke sowie die herrschenden Betriebsdrücke bei reduzierten Materialdicken und Materialaufwendungen für die hohlkörperartigen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung 1008 erzielt werden.
- 10 Allerdings reduziert die Verdrehung der Flachrohrenden 1007 in nachteiliger Weise eine zu einem Wärmeaustausch, insbesondere eine zu einer Kühlung, nutzbare Oberfläche des Flachrohrs 1000 und damit eine zur Kühlung nutzbare Stirnfläche des Hochdruckwärmetauschers.
- 15 Darüber hinaus schränkt die Verdrehung der Flachrohrenden 1007 in nachteiliger Weise eine freie Wahl eines Abstands 1010 bei der parallelen Beabstandung 1010 der Flachrohre 1000 zueinander ein. Eine Wellrippenhöhe bei dem Wärmetauscher bzw. Gaskühler ist dadurch in einer Mindesthöhe begrenzt.
- 20 Auch wird durch die Verdrehung der Flachrohrenden 1007 in nachteiliger Weise eine Querteilung einer Wärmetauschermatrix des Gaskühlers beschränkt.
- 25 Auch erhöht die Verdrehung der Flachrohrenden 1007 für eine Herstellung der Flachrohre aufzuwendende Herstellkosten.
- 30 Entsprechendes bzw. entsprechend Nachteiliges gilt im Speziellen auch für aus dem Stand der Technik bekannte Hochdruckzuheizer wie auch für aus dem Stand der Technik bekannte Hochdruckwärmetauscher im Allgemeinen.
- 35 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, einen gegenüber dem Stand der Technik in der Herstellung kostengünstigeren und in seiner Geometrie auch bei geringen Materialdicken weniger eingeschränkten Hochdruckwärmetauscher zu schaffen.

5 Dies wird erfindungsgemäß durch die Vorrichtung zum Austausch von Wärme sowie durch das Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Austausch von Wärme mit den Merkmalen gemäß dem jeweiligen unabhängigen Patentanspruch gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Austausch von Wärme weist auf wenigstens eine Durchflusseinrichtung und wenigstens eine mit der wenigstens einen Durchflusseinrichtung an einer Anschlussstelle verbundene
Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung.

15 Unter einem miteinander Verbinden wird ein Verbinden in der Weise verstanden, dass durch diese Verbindung ein flüssiges und/oder gasförmiges Fluid, wie beispielsweise ein Kühlmittel, insbesondere Kohlendioxid, flüssigkeits- und/oder gasdicht unter Hochdruck, beispielsweise einem Betriebsdruck von ungefähr 110 bar bis 130 bar, insbesondere von ungefähr 125 bar,
20 strömen kann.

Die erfindungsgemäße Durchflusseinrichtung weist eine vorgegebene Länge (Durchflusseinrichtungslänge) sowie einen flachrohrartigen Querschnitt auf.

25 Unter einem flachrohrartigen Querschnitt (Flachrohr) wird im Rahmen der Erfindung eine Querschnittsform verstanden, welche eine lange Seite (Tiefe) und eine gegenüber dieser langen Seite wesentlich kürzere Seite (Höhe) aufweist.

30 Die Durchflusseinrichtung und die Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung sind von einem unter einem Hochdruck, beispielsweise einem Betriebsdruck von ungefähr 110 bar bis 130 bar, insbesondere von ungefähr 125 bar, stehenden Fluid durchströmbar.

35

Die erfindungsgemäße Durchflusseinrichtung weist einen über die gesamte Durchflusseinrichtungslänge, entlang einer Längsachse der Durchflusseinrichtung geraden Verlauf auf.

5

Dabei wird unter einem entlang der Längsachse geraden Verlauf ein Verlauf verstanden, bei dem die Durchflusseinrichtung bzw. der flachrohrartige Querschnitt der Durchflusseinrichtung weder um die Längsachse verdreht bzw. verdrillt oder tordiert ist noch die Längsachse selbst einen gebogenen oder verkrümmten Verlauf aufweist.

10

Die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung, im Folgenden auch als (Durchflusseinrichtungs-)Tiefe bezeichnet, weist eine Länge von ungefähr 5 mm bis 6,1 mm, insbesondere von 5 mm bis 5,9 mm, auf.

15

An der Anschlussstelle weist die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung einen in Bezug auf eine Hauptausdehnungsrichtung der Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung Winkel von ungefähr 90° auf.

20

Der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Wärmeaustausch bzw. der erfindungsgemäßen Durchflusseinrichtung liegt die nicht triviale Erkenntnis zugrunde, dass bei Querschnittstiefen der Durchflusseinrichtung von ungefähr 5 mm bis 6,1 mm, insbesondere von 5 mm bis 5,9 mm, auf Querschnittsverdrehungen an Enden der Durchflusseinrichtung verzichtet werden kann.

25

Wird die nun gerade Durchflusseinrichtung derart mit einer Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung verbunden, dass die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung einen in Bezug auf die Hauptausdehnungsrichtung der Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung Winkel von ungefähr 90° aufweist, können mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch bei reduzierten Materialdicken Berstdrücke oberhalb der geforderten 270 bar erreicht bzw. erzielt und/oder kann diese auch bei reduzierten Materialdicken in einem Hochdruckbereich betrieben werden.

30

35

5 Bei dem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Austausch von Wärme wird an einer Anschlussstelle zwischen mindestens einer Durchflusseinrichtung und mindestens einer Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung eine Verbindung hergestellt wird, welche Verbindung einer Gruppe entnommen wird, welche Löt-, Schweiß- oder Klebeverbindungen enthält.

10 Bevorzugt wird die mindestens eine Durchflusseinrichtung in die mindestens eine Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung gesteckt und/oder verlötet.

15 Unter einer Verbindung wird ein Verbinden in der Weise verstanden, dass durch diese Verbindung ein flüssiges und/oder gasförmiges Fluid, wie beispielsweise ein Kühlmittel, flüssigkeits- und/oder gasdicht unter Hochdruck, wie einem Betriebsdruck von ungefähr 125 bar, strömen kann.

Die Durchflusseinrichtung sowie die Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung weisen die im obigen genannten Spezifikationen auf.

20 Gerade durch den bei der Erfindung möglichen Entfall der Querschnittsverdrehung der Durchflusseinrichtung; im Folgenden kurz als Rohrverdrehung oder Flachrohrverdrehung bezeichnet, im Hochdruckbereich weisen diese sowie die Ausführungsformen und Weiterbildungen von dieser Vorteile auf.

25 So kann durch die erfindungsgemäße, gerade Durchflusseinrichtung eine größere berippte, für einen Wärmeaustausch relevante Stirnfläche realisiert werden als bei einer vergleichbaren, verdrehten Durchflusseinrichtung.

30 Auch muss bei einer parallelen Anordnung von mehreren erfindungsgemäßen Durchflusseinrichtungen, insbesondere (Flach-)Rohren, in einer Ebene kein Mindestabstand zwischen jeweils zwei von den Durchflusseinrichtungen eingehalten werden. Wellrippen zwischen benachbarten Durchflusseinrichtungen mit geringeren Gesamthöhen sind damit realisierbar.

- 7 -

Ferner sind die für die Herstellung aufzuwendenden Kosten bei den erfindungsgemäßen Durchflusseinrichtungen geringer als bei vergleichbaren, verdrehten Durchflusseinrichtungen.

5 Ebenso ergibt sich durch die Erfindung ein geringerer Materialeinsatz und demzufolge geringere Materialkosten im Vergleich zu herkömmlichen mehrreihigen Wärmetauschern.

10 Auch eine Handhabung der geraden Durchflusseinrichtungen bei einer Herstellung von Hochdruckwärmetauschern, insbesondere Hochdruckkühlern und/oder Hochdruckzuheizern, und dort im Speziellen bei einer Rohrzuführung bei einem Kassetieren ist vereinfacht.

15 Darüber hinaus sind geometrisch einfachere Sammel- und/oder Verteilungseinrichtungen, welche an den unverdrehten Enden der Durchflusseinrichtungen mit diesen verbunden sind, realisierbar.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Durchflusseinrichtung, beispielsweise ein Flachrohr, eine Höhe bzw. Querschnittshöhe von ungefähr 1 mm bis 2 mm und/oder eine Länge von ungefähr 200 mm bis 800 mm auf. Unter der Höhe ist dabei die oben bezeichnete, gegenüber der langen Seite, d.h. der Tiefe, wesentlich kürzere Seite des flachrohrartigen Querschnitts zu verstehen. Eine Innendurchlaßhöhe eines Kanals innerhalb des Flachrohrs liegt dabei bevorzugt zwischen 0,4 mm und 1 mm.

25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Durchflusseinrichtung mindestens einen inneren Strömungskanal im wesentlichen parallel zu der Längsachse der Durchflusseinrichtung, bevorzugt mehrere innere Strömungskanäle im wesentlichen parallel zu der Längsachse, auf.

30 Im Querschnitt kann der mindestens eine Strömungskanal eine Form aufweisen, welche im wesentlichen kreis- oder ellipsenförmig, polygonartig oder rechteckig ist, oder Mischformen hieraus aufweist, beispielsweise rechteckig mit mehr oder wenig stark abgerundeten Ecken.

35

Der mindestens eine Strömungskanal wird von wenigstem einem strömungsfähigen Medium (Fluid), wie einem Kühlmittel, wenigstens abschnittsweise unter einem Betriebsdruck von ungefähr 125 bar durchströmt.

5

10

Unter strömungsfähigen Medien beziehungsweise Fluiden werden im Rahmen der Erfindung flüssige und/oder gasförmige Medien beliebiger Viskosität verstanden, wie insbesondere, aber nicht ausschließlich Öle, Flüssigkeiten, insbesondere hoher Verdampfungswärme, Wasser, Luft oder Gase, beispielsweise Kohlendioxid, sowie Kältemittel, die verdampfen oder kondensieren können. Die strömungsfähigen Medien können dabei auch Zusätze beispielsweise zur Korrosionshemmung enthalten.

15

20

An der Anschlussstelle kann seitens der Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung eine Ausnehmung für einen Anschluss der Durchflusseinrichtung vorgesehen werden. Ein Querschnitt der Ausnehmung ist dabei dem flachrohrartigen Querschnitt der Durchflusseinrichtung angepasst. Daneben kann die Ausnehmung zusätzliche Ausformungen aufweisen, welche beispielsweise als Einführschräge für Flachrohre dienen.

25

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung einen rohrförmigen Querschnitt auf. Vorzugsweise ist ein Innendurchmesser des rohrförmigen Querschnitts der Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung ungefähr gleich der (Querschnitts-)Tiefe der Durchflusseinrichtung.

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere geeignet für einen Hochdruckwärmetauscher, insbesondere einem Hochdruckkühler, im Speziellen einem Hochdruckgaskühler, und/oder einem Hochdruckzuheizer.

35

Eine solcher Wärmetauscher weist mehrere, in der Regel eine Vielzahl, erfindungsgemäße Durchflusseinrichtungen, wie Flachrohre, auf, welche in mindestens einer Ebene, im wesentlichen parallel zueinander in einem vorgebbaren Abstand angeordnet sind.

Zwischen jeweils zwei benachbarten Durchflusseinrichtungen einer Ebene können Rippen bzw. Wellrippen, vorzugsweise in Reihe, angeordnet sein. Eine Wellrippenhöhe kann ungefähr 2 mm bis 8 mm betragen. Auch können die Wellrippen einer Ebene separate Wellrippen sein.

5

Alternativ kann eine über mehrere Ebenen durchgehende Wellrippe vorgesehen werden.

10

Bei dem Wärmetauscher sind weiter die mehreren Durchflusseinrichtungen jeweils mindestens an einem Ende an einer Anschlussstelle mit einer Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung im wesentlichen gas- und/oder flüssigkeitsdicht verbunden.

15

Bevorzugt sind die mehreren Durchflusseinrichtungen in zwei Ebenen angeordnet, wobei jeweils die Enden der Durchflusseinrichtungen in einer Ebene mit einer Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung verbunden sind.

20

In einer weiteren Ausführungsform können die Durchflusseinrichtungen zweier benachbarter Ebenen auch versetzt zueinander sein.

25

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, einem Kühler und/oder einem Zuheizer gemäß obigem Wärmetauscher, sind die Rippen jeweils zwischen zwei benachbarten Durchflusseinrichtungen, beispielsweise zwischen benachbarten Flachrohren angeordnet. Ein Kühlmittel unter Hochdruck durchströmt die mehreren Flachrohre, wobei ein Wärmetausch zwischen dem Kühlmittel und einer die mehreren Flachrohre umgebenden Luft gefördert wird.

30

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform, eine Vorrichtung zum Klimatisieren einer in einen Fahrzeuginnenraum eines Kraftfahrzeugs geleiteten Luft, weist auf wenigstens einen Verdichter, einen Zuheizer und/oder Verdampfer gemäß obiger bevorzugter Ausführungsform, ein Expansionsventil und einen Kühler gemäß obiger Ausführungsform.

35

Der Verdichter und das Expansionsventil sind aus dem Stand der Technik bekannt. Weiter ist bekannt, dass in Hochdruckkühlkreisläufen das Kühlmittel zumindest in einem Abschnitt des Kühlkreislaufes, welcher sich von einem Ausgang des Verdichters über den Hochdruckwärmetauscher zu dem Expansionsventil erstreckt, unter Hochdruck steht.

Weitere Vorteile und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Zeichnungen. Darin zeigen:

- Fig. 1 eine Teildarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Austausch von Wärme, eines Wärmetauschers eines Gaskühlers;
- Fig. 2 eine Darstellung, welche einen Zusammenhang zwischen geometrischen Abmessungen von Komponenten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Austausch von Wärme, eines Wärmetauschers eines Gaskühlers, zeigt;
- Fig. 3 eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Blocktiefe eines zweireihigen Gaskühlers mit erfindungsgemäßen Flachrohren und einer Flachrohrtiefe eines erfindungsgemäßen Rohres für zwei Berstdrücke;
- Fig. 4 eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Flachrohrtiefe eines erfindungsgemäßen Rohres und einer Blocktiefe eines zweireihigen Gaskühlers mit erfindungsgemäßen Flachrohren für zwei Berstdrücke;
- Fig. 5 eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Luftanströmgeschwindigkeit und einer Gaskühlerleistung für einen Gaskühler mit erfindungsgemäßen Flachrohren und für einen vergleichbaren

Gaskühler mit verdrehten Flachrohren gemäß einer ersten Gaskühlermatrix;

Fig. 6

eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Luftanströmgeschwindigkeit und einer Gaskühlerleistung für einen Gaskühler mit erfindungsgemäßen Flachrohren und für einen vergleichbaren Gaskühler mit verdrehten Flachrohren gemäß einer zweiten Gaskühlermatrix;

Fig. 7

eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Flachrohrbreite und einem Gewicht einer Gaskühlermatrix für verschiedenen Gaskühlermatrizen;

Fig. 8

eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Luftanströmgeschwindigkeit und einer gewichtsbezogenen Gaskühlerleistung für einen Gaskühler mit erfindungsgemäßen Flachrohren und für einen vergleichbaren Gaskühler mit verdrehten Flachrohren gemäß einer ersten Gaskühlermatrix;

Fig. 9

eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Luftanströmgeschwindigkeit und einer gewichtsbezogenen Gaskühlerleistung für einen Gaskühler mit erfindungsgemäßen Flachrohren und für einen vergleichbaren Gaskühler mit verdrehten Flachrohren gemäß einer zweiten Gaskühlermatrix;

Fig. 10

eine Teildarstellung eines herkömmlichen Wärmetauschers eines Gaskühlers mit mehreren herkömmlichen verdrehten Flachrohren gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines zweireihigen Hochdruckgaskühlers, kurz Gaskühler, 110.

- 12 -

Der ausführungsgemäße zweireihige Gaskühler 110 weist eine Rohrverschaltung von 29/31 – 31/29 sowie eine Gesamtabmessung einer Wärmetauschermatrix von ungefähr $B \times H = 462,0 \times 660 \text{ mm}^2$ auf. Eine Blocktiefe des zweireihigen Gaskühlers 110 beträgt ungefähr 16 mm.

5

In Fig. 1 bezieht sich das Bezugszeichen 100 jeweils auf ein erfindungsgemäßes (Flach-)Rohr des zweireihigen Gaskühler 110.

10

Das Flachrohr 100 weist eine Rohrlänge von ungefähr 670 mm sowie einen flachrohrartigen Querschnitt 101 mit einer langen Seite, einer Flachrohrtiefe, von 5,8 mm und einer gegenüber dieser langen Seite wesentlich kürzeren Seite, einer Flachrohrbreite, von 1,5 mm auf.

15

Ferner weist das Flachrohr 100 einen über die gesamte Rohrlänge, entlang einer Rohrlängsachse geraden Rohrverlauf auf.

Bei dem ausführungsgemäßen, zweireihigen Gaskühler sind die Rohre 100 in zwei zueinander parallelen Ebenen 102, 103 angeordnet.

20

Innerhalb jeder Ebene 102, 103 sind die Flachrohre 100 in einem Abstand von ungefähr 2 mm bis 10 mm, bevorzugt zwischen 4 mm und 8 mm und im besonderen von ca. 6 mm ebenfalls parallel zueinander angeordnet.

25

Zwischen jeweils zwei parallel in einer Ebene 102, 103 benachbart angeordneten Flachrohren 100 sind entlang der Rohrlänge bzw. in Längsrichtung 104 der Rohre 100 Wellrippen 106 mit jeweils einer Wellrippenhöhe von ungefähr 6 mm angeordnet.

30

Der ausführungsgemäße zweireihige Gaskühler 110 weist insgesamt eine Rippendichte von 75 Rippen/dm auf. Ein Vorzugsbereich für die Rippendichte ist von 65 bis 85 Rippen/dm.

35

Die Flachrohre 100 werden in der Längsrichtung 104 von einem Kühlmittel unter Hochdruck durchflossen, wozu in dem Flachrohr 100 mehrere Durchflusskanäle 105 im wesentlichen parallel zu der Längsrichtung 104 bzw. der Längsachse des Flachrohrs 100 vorgesehen sind.

5 Ein Paar von Sammel tanks 120, aufweisend zwei Sammelrohre 123, 124, ist mit jedem Flachrohrende 121 an einer dafür vorgesehenen Anschlussstelle verbunden, um sich in einer Richtung, einer Hauptausdehnungsrichtung, senkrecht zur Längsrichtung 104 jedes Rohres 100 zu erstrecken. Auch diese werden vom Kühlmittel unter Hochdruck durchströmt.

10 Demzufolge weist der flachrohrartige Querschnitt 101 bzw. die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts 101 des Rohres 100 an der jeweiligen Anschlussstelle einen in Bezug auf die Hauptausdehnungsrichtung der Sammel tanks 120 einen vorgegebenen Winkel von ungefähr 90° auf.

15 An der Anschlussstelle ist seitens der Sammel tanks 120 eine Ausnehmung für den Anschluss des Flachrohres 100 vorgesehen. Ein Querschnitt der Ausnehmung ist dabei dem Querschnitt 101 des Flachrohres 100 angepasst. Daneben weist die Ausnehmung eine zusätzliche Ausformung, eine Einführschräge für die Flachrohre 100, auf.

20 Unter einem miteinander Verbinden wird ein Verbinden in der Weise verstanden, dass durch diese Verbindung ein flüssiges und/oder gasförmiges Fluid, wie in diesem Fall das Kühlmittel, flüssigkeits- und/oder gasdicht strömen kann.

25 Entsprechende Verfahren zur Herstellung einer solchen dichten Verbindung, wie Löten, Schweißen und/oder Kleben oder Kombinationen hieraus, sind aus dem Stand der Technik bekannt.

30 Die Sammel tanks 120 bzw. die Sammelrohre 123, 124 weisen jeweils einen rohrförmigen Querschnitt 122 auf, wobei ein Innendurchmesser 200 des rohrförmigen Querschnitts 122 ungefähr gleich ist der Rohrtiefe des Flachrohres 100. Eine Sammelrohrwandstärke 201 ist abhängig von einem geforderten Berstdruck.

Fig.2 zeigt geometrische Zusammenhänge zur Bestimmung der Blocktiefe.

35

Die Blocktiefe $T(\text{Ges})$ bestimmt sich nach:

$$T(\text{Ges}) = 2 * T(\text{Fl}) + 2 * d(\text{Wand, Sammelrohr}) + b(\text{Spalt}),$$

5

wobei mit $T(\text{Fl})$ die Flachrohrtiefe, mit $d(\text{Wand, Sammelrohr})$ eine Wandstärke eines Sammelrohrs und mit $b(\text{Spalt})$ ein Spalt zwischen den zwei Sammelrohren bezeichnet wird.

10

Fig.3 zeigt eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Blocktiefe eines zweireihigen Gaskühlers mit erfindungsgemäßen Flachrohren und einer Flachrohrtiefe eines erfindungsgemäßen Flachrohres für zwei Berstdrücke, nämlich 270 bar und 360 bar.

15

Dem dargestellten graphischen Zusammenhang liegt weiter zugrunde, dass $b(\text{Spalt}) = 0,8 \text{ mm}$ beträgt und sich $d(\text{Wand, Sammelrohr})$ nach

$$d(\text{Wand, Sammelrohr}) = 0,1 * P(\text{Berst}) * T(\text{Fl}) / (2 * s)$$

20

bestimmt, wobei $P(\text{Berst})$ den Berstdruck und s eine Streckgrenze eines Sammelrohrwerkstoffes bezeichnet. s wird vorliegend mit 50 N/mm^2 (AA 3003 mod) angenommen.

25

Fig.3 ist zu entnehmen, dass für eine Blocktiefe von 16 mm und einem Berstdruck von 270 bar die maximale Flachrohrtiefe $T(\text{Fl}) = 5,9 \text{ mm}$ betragen darf. Bei einem Berstdruck von 360 bar beträgt die maximale Flachrohrtiefe $T(\text{Fl}) = 5,5 \text{ mm}$.

30

Somit ist die Flachrohrtiefe $T(\text{Fl}) < 6 \text{ mm}$ bei geraden Flachrohren bei zweireihigen Hochdruckgaskühlern mit einer Blocktiefe von 16 mm ausreichend für einen Berstdruck von 270 bar.

35

Weiterhin ist hier zu berücksichtigen, dass mit abnehmenden Flachrohrtiefen $T(\text{FL})$ sich eine Kontaktfläche zwischen einer Wellrippe und dem Flachrohr bei konstanter Blocktiefe verringert. Aus diesem Grund sollte bei einer Blocktiefe von 16 mm die einzelne Flachrohrtiefe auch nicht kleiner als un-

gefähr 5 mm sein. Entsprechendes ist auch für andere Gesamtbloktiefen zu berücksichtigen.

5 Weiter ist Fig.3 zu entnehmen, dass bei einer Bloktiefe von 14 mm bei zweireihigen Gaskühlern die Flachrohrtiefe $T(FI) < 5,20$ mm bei geraden Flachrohren für einen Berstdruck von 270 bar ausreichend ist.

10 Fig. 4 zeigt eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Flachrohrtiefe eines erfindungsgemäßen Rohres und einer Bloktiefe eines zweireihigen Gaskühlers mit erfindungsgemäßen Flachrohren für zwei Berstdrücke, nämlich 270 bar und 360 bar.

15 Fig.4 ist beispielweise zu entnehmen, dass bei einem Berstdruck von 270 bar (360 bar) und einer Bloktiefe von 15 mm eine Flachrohrtiefe von ungefähr 5,2 mm (5,6 mm) bei geraden Flachrohren ausreichend ist.

Fig.5 und Fig.6 zeigen eine Gaskühlerleistung über einer Luftanströmgeschwindigkeit bei vorgegebenen Randbedingungen.

20 In Fig.5 werden 2 zweireihige Hochdruckgaskühler mit einer Rippendichte von 75 Rippen/dm, einer Rippenhöhe von 6 mm, einer Bloktiefe von 16 mm und gleicher Rohrverschaltung 29/31 – 31/29 miteinander verglichen.

25 Gaskühler 1 weist herkömmliche Flachrohre mit verdrehten Flachrohrenden und mit einer Flachrohrtiefe von 7 mm auf. Die Abmessungen der Wärmetauschermatrix dieses Gaskühlers 1 betragen $B \times H = 462,0 \times 650,0$ mm² bei einer Stirnfläche $F(St) = 30,0$ dm².

30 Gaskühler 2 weist die erfindungsgemäßen Flachrohre mit geradem Rohrverlauf und mit einer Flachrohrtiefe von 5,8 mm auf. Die Abmessungen der Wärmetauschermatrix des Gaskühlers 2 betragen $B \times H = 462,0 \times 664,0$ mm² bei einer Stirnfläche von 30,7 dm².

35 Durch die größere Stirnfläche des Gaskühlers 2 kann der Nachteil der geringeren Flachrohrtiefe und somit verkleinerten Kontaktfläche zwischen Wellrippe und Flachrohr in etwa egalisiert werden. Der Gaskühler 2 weist bei ei-

nem gleichen Massenstrom einen höheren kältemittelseitigen Druckabfall auf.

In Fig.6 werden 2 zweireihige Hochdruckgaskühler mit einer Rippendichte von 75 Rippen/dm, einer Rippenhöhe von 4,5 mm, einer Blocktiefe von 16 mm und gleicher Rohrverschaltung 37/40 – 40/37 miteinander verglichen.

Gaskühler 1 weist herkömmliche Flachrohre mit verdrehten Flachrohrenden und mit einer Flachrohrtiefe von 7mm auf. Die Abmessungen der Wärmetauschermatrix dieses Gaskühlers 1 betragen $B \times H = 458,8 \times 650,0 \text{ mm}^2$ bei einer Stirnfläche $F(\text{St}) = 29,8 \text{ dm}^2$.

Gaskühler 2 weist die erfindungsgemäßen Flachrohre mit geradem Rohrverlauf und mit einer Flachrohrtiefe von 5,8 mm auf. Die Abmessungen der Wärmetauschermatrix des Gaskühlers 2 betragen $B \times H = 458,0 \times 664,0 \text{ mm}^2$ bei einer Stirnfläche von $30,5 \text{ dm}^2$.

Durch die größere Stirnfläche des Gaskühlers 2 kann der Nachteil der geringeren Flachrohrtiefe und somit verkleinerten Kontaktfläche zwischen Wellrippe und Flachrohr in etwa egalisiert werden. Der Gaskühler 2 weist bei einem gleichen Massenstrom einen höheren kältemittelseitigen Druckabfall auf.

Fig. 7 zeigt eine graphische Darstellung mit einem Zusammenhang zwischen einer Flachrohrbreite und einem Gewicht einer Gaskühlermatrix für verschiedene Gaskühlermatrizen.

Dargestellt sind in Fig.7 die Zusammenhänge für ein erfindungsgemäßes Flachrohr mit einer Flachrohrtiefe von $T(\text{Fl}) < 6 \text{ mm}$ sowie für ein herkömmliches Flachrohr mit größerer Flachrohrtiefe, nämlich $T(\text{Fl}) = 7 \text{ mm}$.

Die Zusammenhänge sind dargestellt jeweils für die Flachrohrbreiten von 1,4 mm und 1,6 mm und zwei Wellrippenhöhen von 4,5 mm und 6 mm bei einer Rippendichte von 75 Rippen/dm. Eine Wellrippendicke beträgt 0,1 mm.

Fig.7 kann ein deutlich geringeres Gewicht bei Gaskühlern mit einer erfindungsgemäßen Flachrohrtiefe $T(FI) < 6$ mm entnommen werden.

5 Fig.8 und Fig.9 zeigen eine gewichtsbezogene Gaskühlerleistung, welche sich durch Division der Gaskühlerleistung durch das Gewicht der Wärmetauschermatrix ergibt, über der Luftanströmgeschwindigkeit bei vorgegebenen Randbedingungen.

10 Die dargestellte Gaskühlerleistung bezieht sich auf die bereits in Fig.5 und Fig.6 behandelten Gaskühler.

15 Fig.8 und Fig.9 ist zu entnehmen, dass die gewichtsbezogene Gaskühlerleistung für die beiden Gaskühler mit den erfindungsgemäßen Flachrohren mit einer Flachrohrtiefe $T(FI) < 6,1$ mm deutlich größer ist im Vergleich zu den beiden Gaskühlern mit herkömmlichen Flachrohren mit einer Flachrohrtiefe von 7 mm.

20 Die vorliegende Erfindung kann insbesondere auf Kühler oder Zuheizer eines Hochdruckkühlkreislaufts angewendet werden. Eine Ausgestaltung der jeweiligen Wärmetauschermatrix ist nicht auf im obigen beschriebene Geometrien beschränkt. Sie kann im Rahmen der erfinderischen Flachrohrgeometrie und der Berstdruckanforderungen beliebig gewählt werden.

25 Obwohl die vorliegende Erfindung in Verbindung mit bevorzugten Ausführungsformen unter Bezug auf die anliegenden Zeichnungen vollständig erläutert wurde, erschließen sich dem Fachmann zahlreiche Abwandlungen und Modifikationen, die sämtlich im Umfang der vorliegenden Erfindung liegen, die in den anliegenden Ansprüchen festgelegt ist.

Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zum Austausch von Wärme,
mit wenigstens einer Durchflusseinrichtung und wenigstens einer mit
der wenigstens einen Durchflusseinrichtung an einer Anschlussstelle
verbundenen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung,
wobei die wenigstens eine Durchflusseinrichtung einen flachrohrarti-
gen Querschnitt mit einer langen Seite und einer gegenüber der lan-
gen Seite kurzen Seite sowie eine vorgegebene Durchflusseinrich-
tungslänge aufweist,

10

wobei die wenigstens eine Durchflusseinrichtung und die wenigstens
eine Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung von einem unter einem
Hochdruck stehenden Fluid durchströmbar sind,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

die wenigstens eine Durchflusseinrichtung einen über die gesamte
Durchflusseinrichtungslänge, entlag einer Längsachse der Durch-
flusseinrichtung geraden Verlauf aufweist,

20

die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts eine Länge von un-
gefähr 5 mm bis 6,1 mm, insbesondere 5 mm bis 5,9 mm, aufweist
und an der Anschlussstelle die lange Seite des flachrohrartigen
Querschnitts der Durchflusseinrichtung einen in Bezug auf eine
Hauptausdehnungsrichtung der Sammel- und/oder Verteilungsein-
richtung Winkel von ungefähr 90° aufweist.

25

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die kurze Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflussein-
richtung eine Länge von ungefähr 1 mm bis 2 mm aufweist und/der
die Durchflusseinrichtungslänge ungefähr 200 mm bis 800 mm be-
trägt.

30

35

3. Vorrichtung gemäß wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Durchflusseinrichtung mindestens einen inneren Strömungskanal im wesentlichen parallel zu der Längsachse, bevorzugt mehrere innere Strömungskanäle im wesentlichen parallel zu der Längsachse, aufweist.

10 4. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet, dass
der mindestens eine Strömungskanal im Querschnitt eine Form aufweist, welche im wesentlichen kreis-, ellipsenförmig, polygonartig oder rechteckig ist, oder Mischformen hieraus aufweist.

15 5. Vorrichtung gemäß wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung eine Vielzahl von den Durchflusseinrichtungen aufweist, deren jede mit der wenigstens einen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung verbunden ist und/oder die im wesentlichen in mindestens einer Ebene und/oder im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

20 6. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vielzahl von Durchflusseinrichtungen in zwei Ebenen angeordnet sind.

25 7. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung zwei Sammel- und/oder Verteilungseinrichtungen aufweist, deren jede mit einem Ende der wenigstens einen Durchflusseinrichtung verbunden ist.

30 8. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die wenigstens eine Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung einen rohrförmigen Querschnitt aufweist, wobei ein Innendurchmesser des rohrförmigen Querschnitts der Sammel- und/oder Verteilungseinrich-

35

- 20 -

tung ungefähr gleich der langen Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung ist.

- 5 9. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das die wenigstens eine Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung durchströmende Fluid ein Kühlmittel ist und/oder unter einem Druck von ungefähr 125 bar steht.
- 10 10. Kühler, insbesondere Gaskühler, und/oder Zuheizer mit einer Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kühler und/oder Zuheizer eine Vielzahl von den Durchflusseinrichtungen aufweist, deren jede mit der wenigstens einen Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung verbunden ist und/oder die im wesentlichen in einer Ebene und/oder im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und
der Kühler und/oder Zuheizer eine Vielzahl von Rippen aufweist, die zwischen benachbarten Durchflusseinrichtungen im wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung der jeweiligen Durchflusseinrichtung angeordnet sind, um einen Wärmeaustausch zwischen Luft und dem Fluid zu fördern.
- 15 11. Vorrichtung zum Klimatisieren einer in einen Fahrzeuginnenraum eines Kraftfahrzeugs geleiteten Luft, mit wenigstens einem Verdichter, einem Verdampfer und/oder Zuheizer, einem Expansionsventil und einem Kühler, wobei wenigstens ein Zuheizer und/oder ein Kühler gemäß Anspruch 10 ist.
- 20 12. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Austausch von Wärme,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei dem Verfahren an einer Anschlussstelle zwischen mindestens einer Durchflusseinrichtung und einer Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung eine Verbindung hergestellt wird, welche Verbindung einer
- 25 30 35

- 21 -

Gruppe entnommen wird, welche Löt-, Schweiß- oder Klebeverbindungen enthält,

wobei die wenigstens eine Durchflusseinrichtung

- einen flachrohrartigen Querschnitt aufweist mit einer langen Seite mit einer Länge von ungefähr 5 mm bis 6,1 mm, insbesondere 5,9 mm, und mit einer gegenüber der langen Seite kurzen Seite,
- eine vorgegebene Durchflusseinrichtungslänge aufweist,
- von einem unter einem Hochdruck stehenden Fluid durchströmbar ist und

- einen über die gesamte Durchflusseinrichtungslänge, entlang einer Längsachse der Durchflusseinrichtung geraden Verlauf aufweist, wobei die wenigstens eine Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung von dem unter Hochdruck stehenden Fluid durchströmbar sind und

wobei an der Anschlussstelle die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung einen in Bezug auf eine Hauptausdehnungsrichtung der Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung Winkel von ungefähr 90° aufweist.

Z u s a m m e n f a s s u n g

- 5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Austausch von Wärme weist auf eine Durchflusseinrichtung und eine mit der Durchflusseinrichtung an einer Anschlussstelle verbundene Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung. Die Durchflusseinrichtung weist eine vorgegebene Länge sowie einen flachrohrartigen Querschnitt auf und ist von einem unter einem Hochdruck, beispielsweise einem Betriebsdruck von ungefähr 125 bar, stehenden Fluid durchströmbar. Die Durchflusseinrichtung weist einen über die gesamte Durchflusseinrichtungslänge, entlag einer Längsachse der Durchflusseinrichtung geraden Verlauf auf. Die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung weist eine Länge von ungefähr 5 mm bis 6,1 mm auf.
- 10
- 15 An der Anschlussstelle weist die lange Seite des flachrohrartigen Querschnitts der Durchflusseinrichtung einen in Bezug auf eine Hauptausdehnungsrichtung der Sammel- und/oder Verteilungseinrichtung Winkel von ungefähr 90° auf.

20

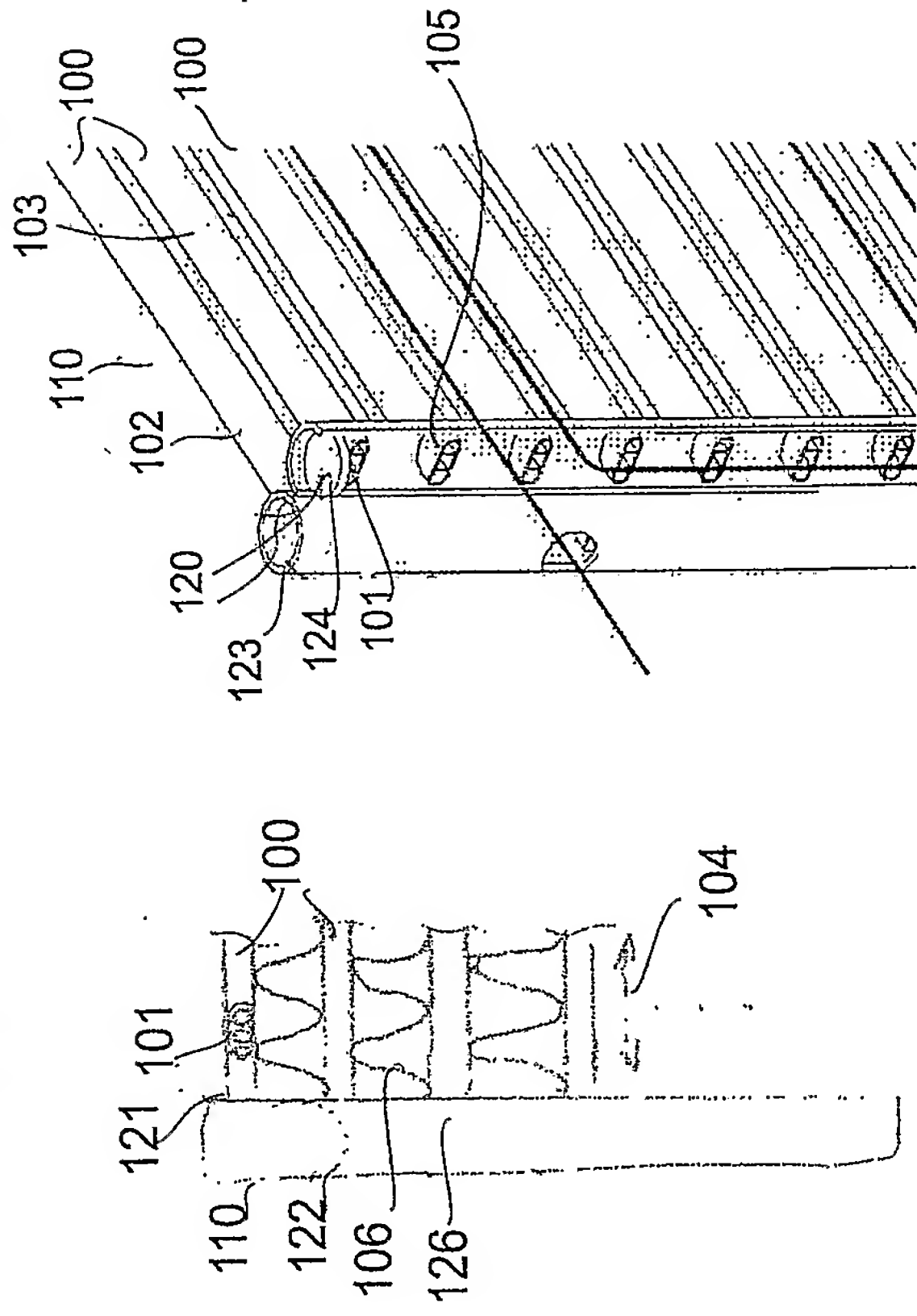


Fig. 1

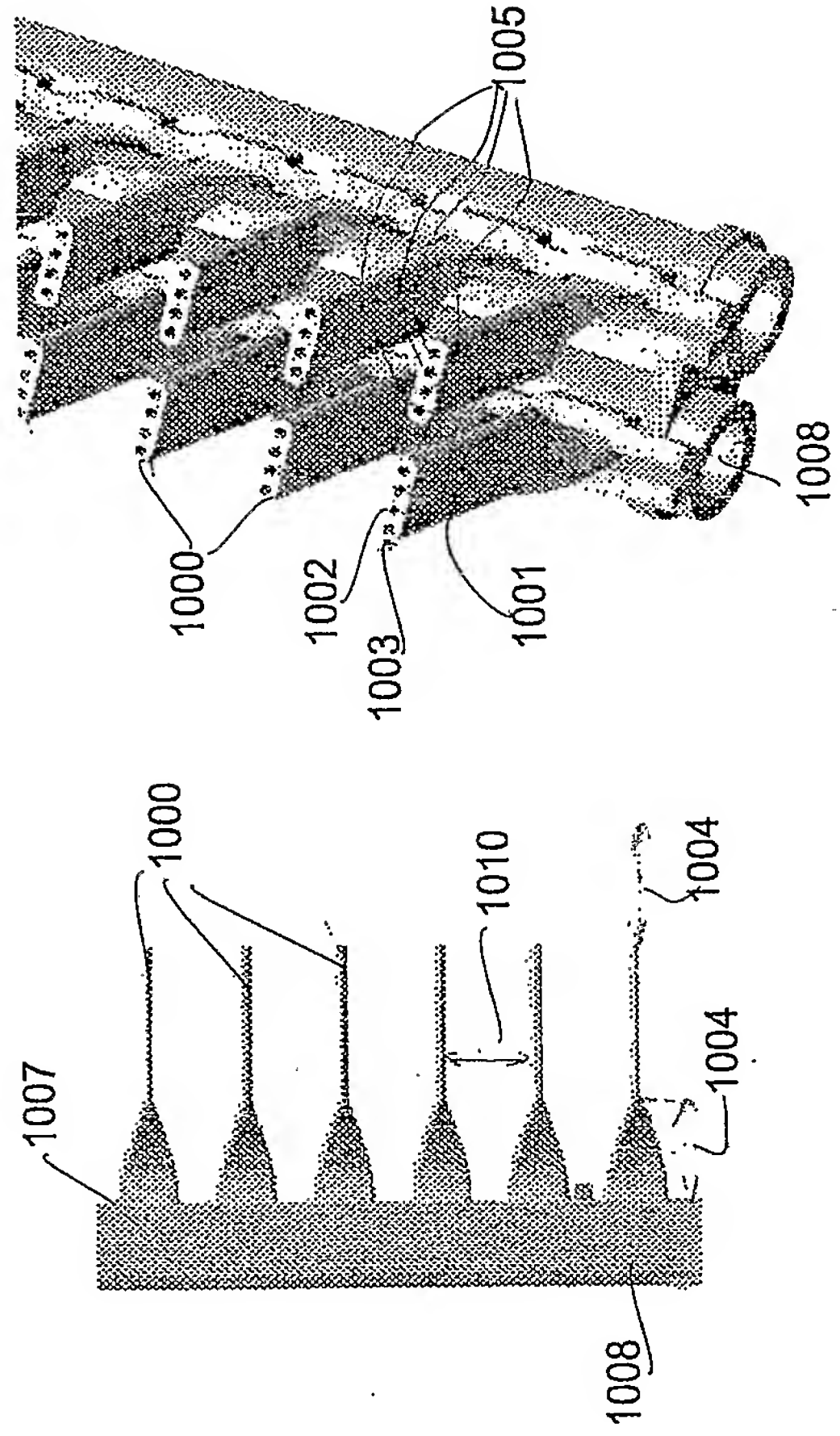


Fig. 10
Stand der Technik

Fig. 2

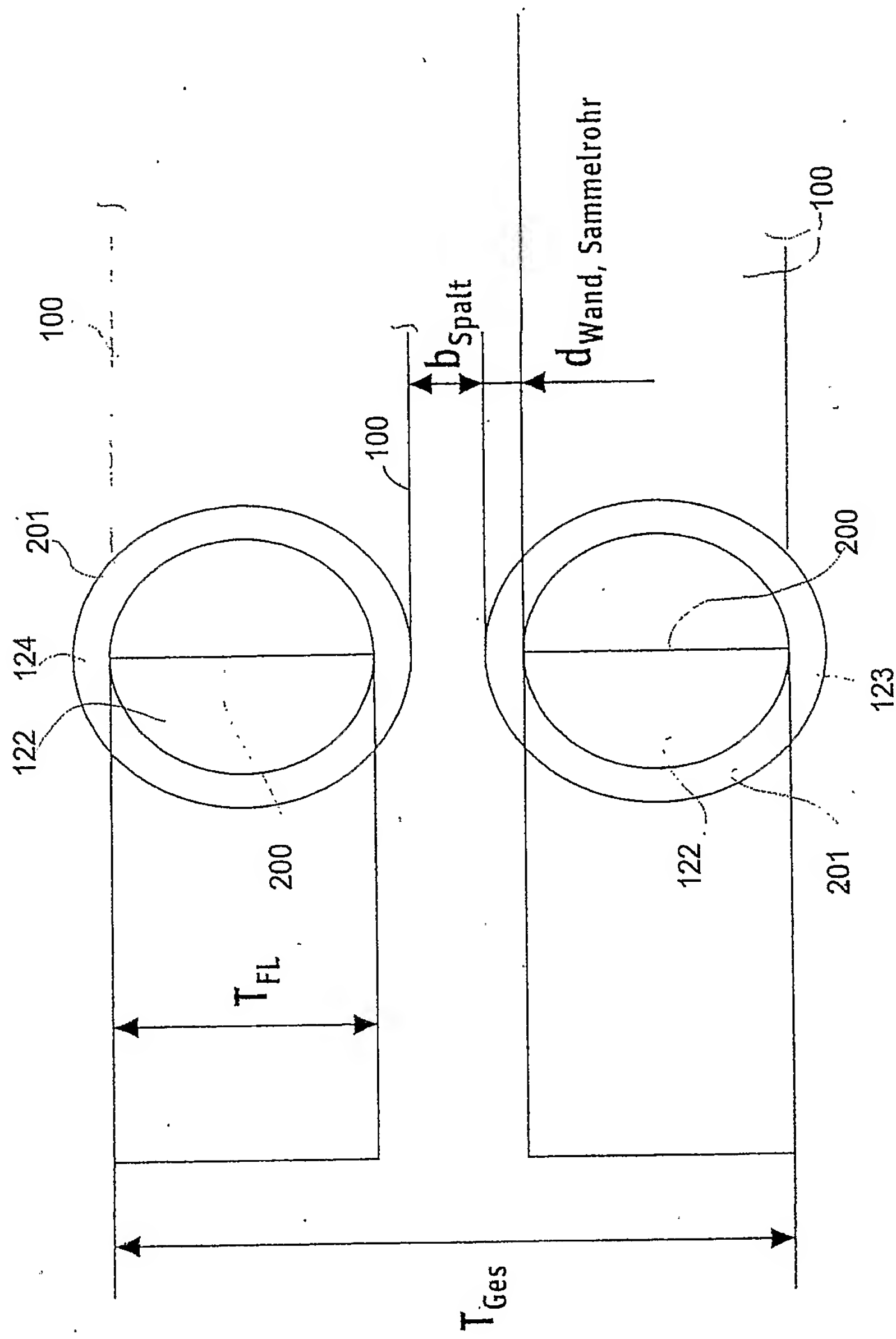
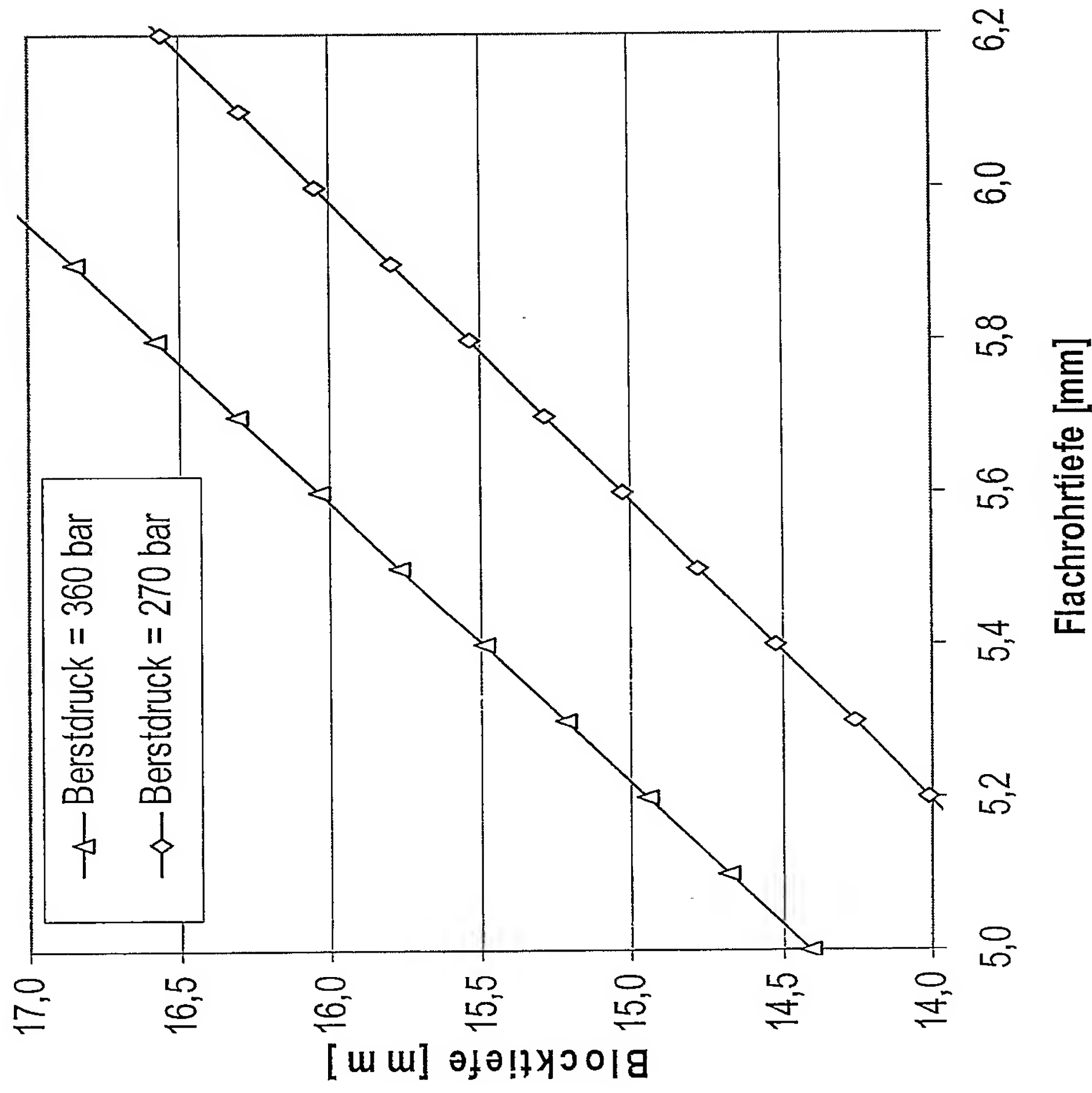


Fig. 3



$$T_{\text{Ges}} = 2 \times T_{\text{FL}} + 2 \times d_{\text{Wand, Sammelrohr}} + b_{\text{Spalt}}$$

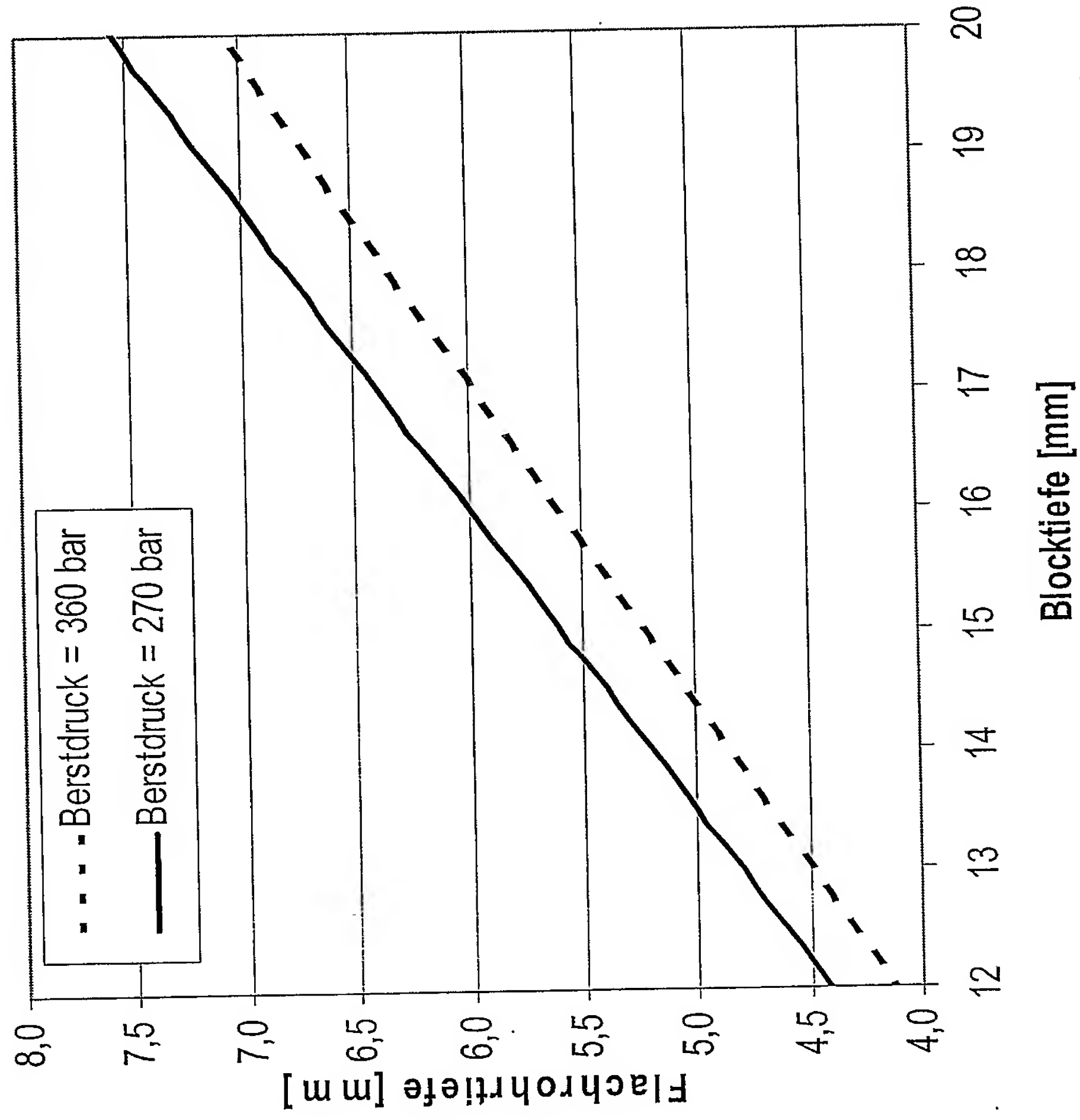
hier mit

$$b_{\text{Spalt}} = 0,8 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Wand, Sammelrohr}} = 0,1 * P_{\text{Berst}} * T_{\text{FL}} / (2 * \sigma)$$

wobei P_{berst} der Berstdruck und
 σ die Streckgrenze des Sammelrohr-
werkstoffs hier $\sigma = 50 \text{ N/mm}^2$ ist

Fig. 4



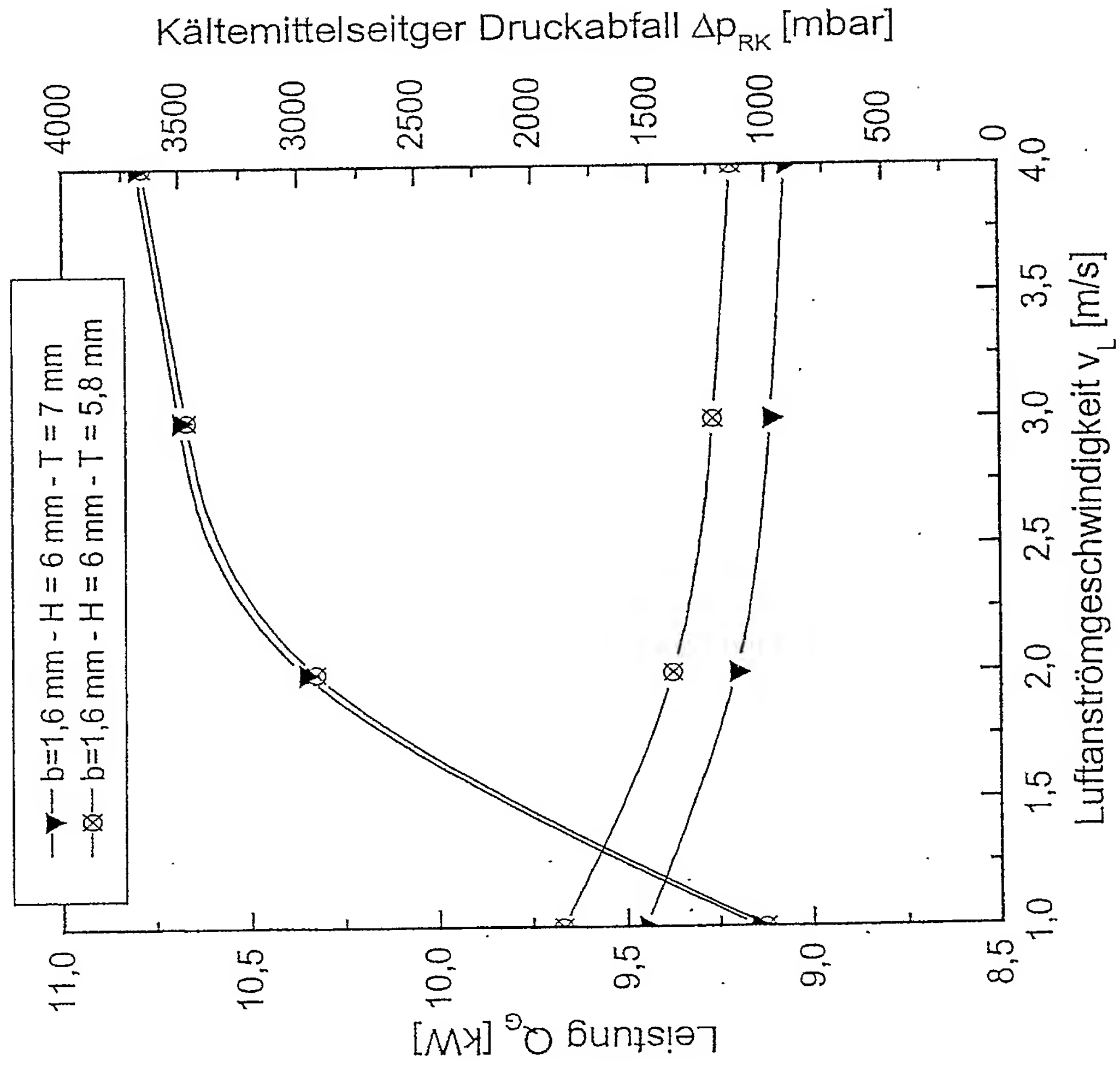
$$T_{FL} = \frac{(T_{Ges} - b_{Spalt})}{2 + 0,2 * P_{Berst} / (2 * \sigma)}$$

hier mit

$$b_{Spalt} = 0,8 \text{ mm}$$

wobei P_{berst} der Berstdruck und σ die Streckgrenze des Sammelrohrwerkstoffs hier $\sigma = 50 \text{ N/mm}^2$ ist

Fig. 5



Gaskühler:

Rippendichte 75 Ri/dm
Rippenhöhe = 6 mm

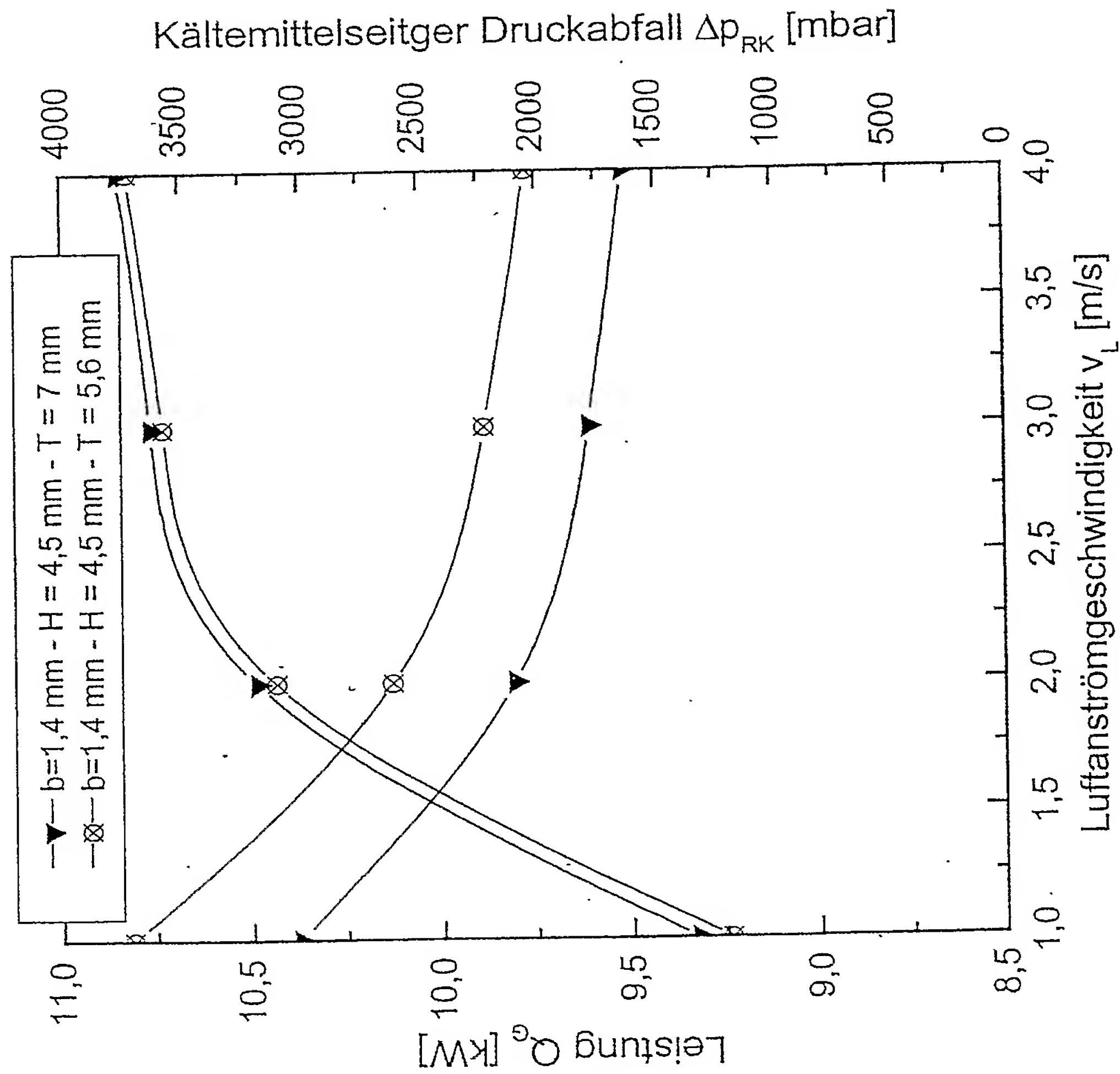
Rohr: $T=7$ mm
 $B \times H = 462,0 \times 650$ mm² $F_{St} = 30,0$ dm²
(1) HV 29/31 - 31/29

Rohr: $T=5,8$ mm
 $B \times H = 462,0 \times 664$ mm² $F_{St} = 30,7$ dm²
(2) HV 29/31 - 31/29

Randbedingungen:

Lufttemperatur Gaskühlereintritt: TLGE = 45°C
CO₂-Temp. Gaskühlereintritt: TRGE = 130°C
Gaskühlereintrittsdruck: PRGE = 125 bar
Massenstrom CO₂: GR = 180 kg/h
Ölanteil: 1%

Fig. 6



Gaskühler:

Rippendichte 75 Ri/dm

Rippenhöhe = 6 mm

Rohr: $T = 7$ mm

$B \times H = 458,8 \times 650$ mm² $F_{St} = 29,8$ dm²

(1) HV 37/40 - 40/37

Rohr: $T = 5,8$ mm

$B \times H = 458,8 \times 664$ mm² $F_{St} = 30,5$ dm²

(2) HV 37/40 - 40/37

Randbedingungen:

Lufttemperatur Gaskühlereintritt:

TLGE = 45°C

CO₂-Temp. Gaskühlereintritt:

TRGE = 130°C

Gaskühlereintrittsdruck:

PRGE = 125 bar

Massenstrom CO₂:

GR = 180 kg/h

Ölanteil:

1%

Fig. 7

Rippendichte 75 Ri/dm

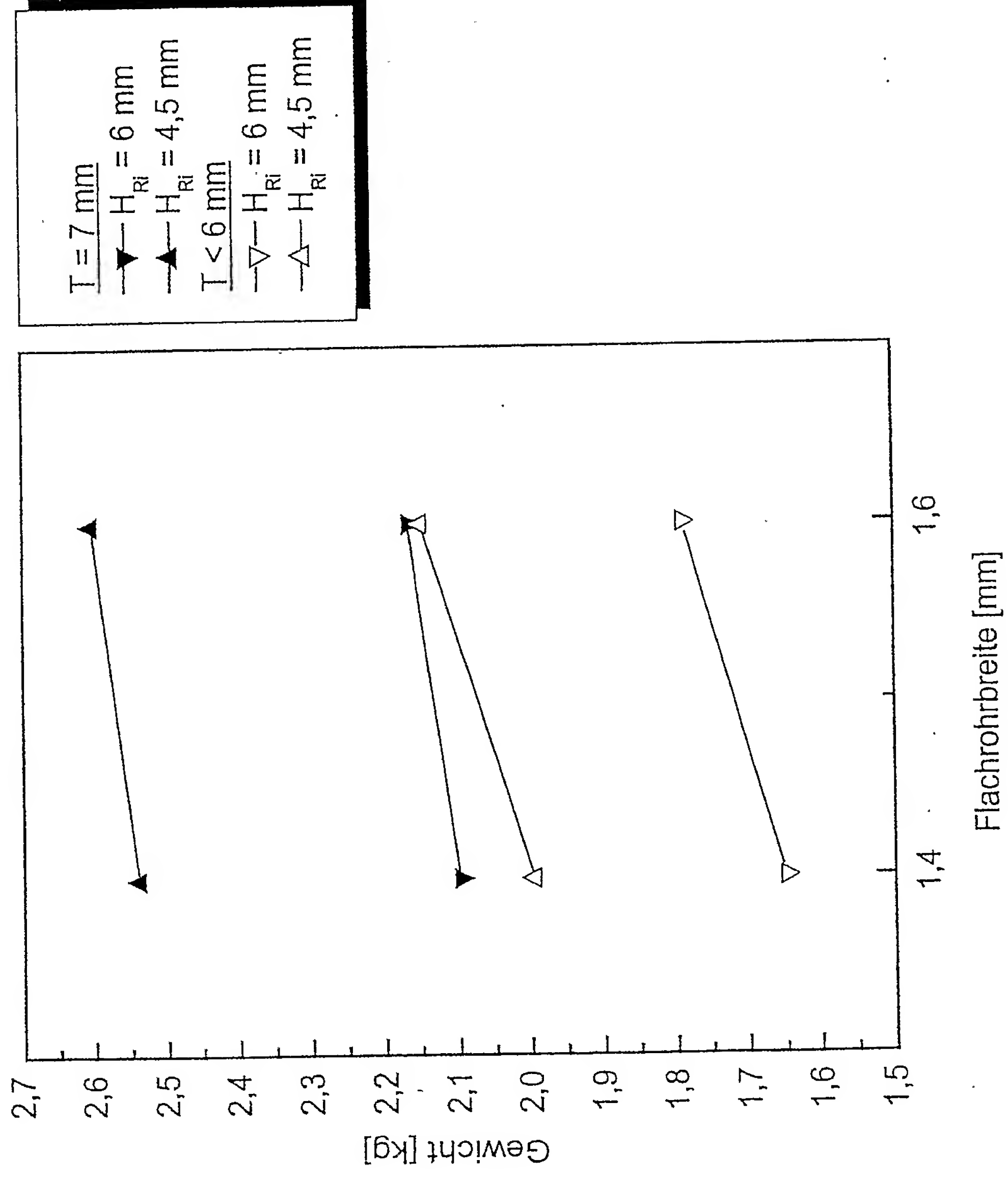
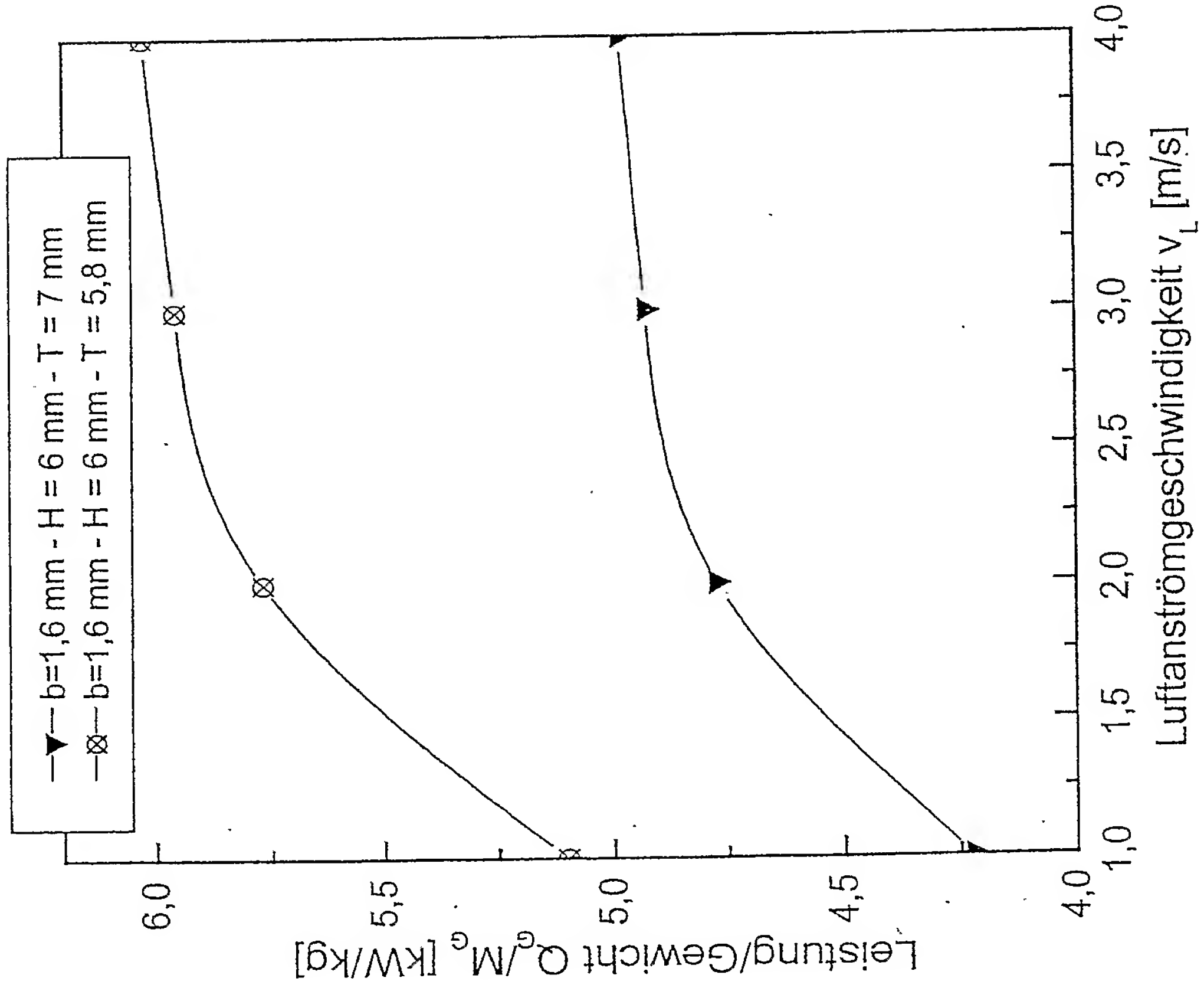


Fig. 8



Gaskühler:

Rippendichte 75 Ri/dm

Rippenhöhe = 6 mm

Rohr: $T=7 \text{ mm}$

$B \times H = 462,0 \times 650 \text{ mm}^2$ $F_{st} = 30,0 \text{ dm}^2$

(1) HV 29/31 - 31/29

Rohr: $T=5,8 \text{ mm}$

$B \times H = 462,0 \times 664 \text{ mm}^2$ $F_{st} = 30,7 \text{ dm}^2$

(2) HV 29/31 - 31/29

Randbedingungen:

Lufttemperatur Gaskühlereintritt:

CO_2 -Temp. Gaskühlereintritt:

Gaskühlereintrittsdruck:

Massenstrom CO_2 :

Ölanteil:

TLGE = 45°C

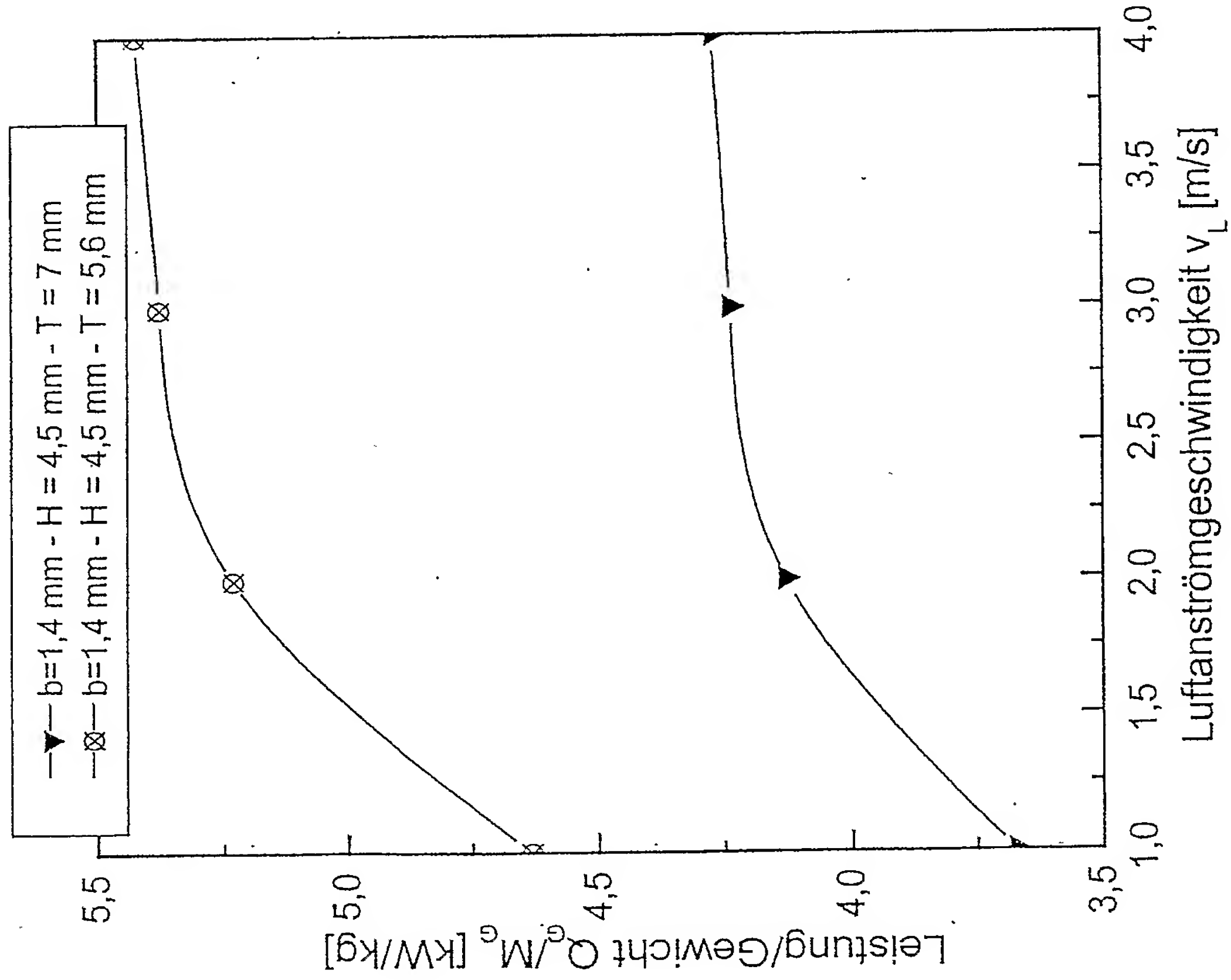
TRGE = 130°C

PRGE = 125 bar

GR = 180 kg/h

1%

Fig. 9



Gaskühler:

Rippendichte 75 Ri/dm

Rippenhöhe = 6 mm

Rohr: $T=7$ mm

$B \times H = 458,8 \times 650 \text{ mm}^2$ $F_{St} = 29,8 \text{ dm}^2$

(1) HV 37/40 - 40/37

Rohr: $T=5,8$ mm

$B \times H = 458,8 \times 664 \text{ mm}^2$ $F_{St} = 30,5 \text{ dm}^2$

(2) HV 37/40 - 40/37

Randbedingungen:

Lufttemperatur Gaskühlereintritt:

CO_2 -Temp. Gaskühlereintritt:

Gaskühlereintrittsdruck:

Massenstrom CO_2 :

Ölanteil:

TLGE = $45^\circ C$

TRGE = $130^\circ C$

PRGE = 125 bar

GR = 180 kg/h

1%